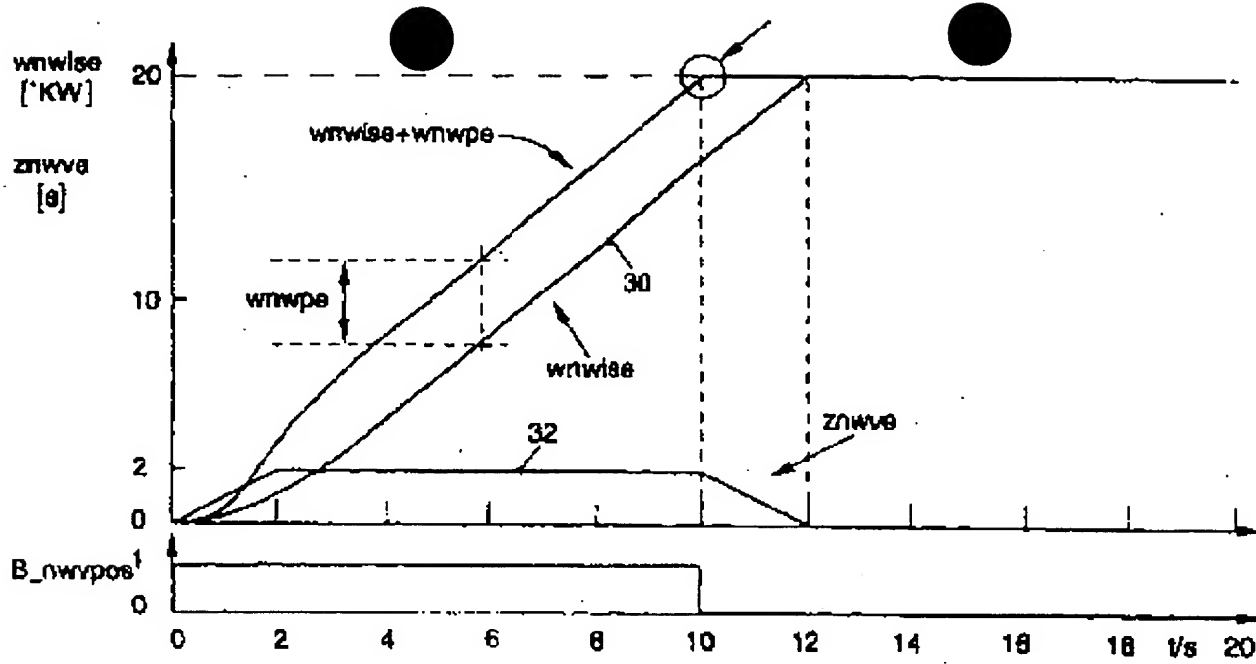


AN: PAT 2001-236928
TI: Method for adjusting angular position of camshaft of IC engine derives manipulated variable from comparison of actual and desired angles
PN: EP1087106-A2
PD: 28.03.2001
AB: NOVELTY - The camshaft position is adjusted by an actuator controlled by a controller and proportional valve. From a comparison of an actual (wnwise) and desired angle a manipulated variable in the form of a pulse duty factor for the valve is determined. Before the comparison a predicted angle (wnwpe) is added to the actual shaft angle the sum corresponding to the final shaft angle. This is reached after changing the duty factor to the holding value until the valve has completely closed i.e. for the period (znwve).; USE - For controlling the angular position of a camshaft relative a crankshaft. ADVANTAGE - Provides adjustment of the cam shaft angle without substantial overswing as the desired/actual value comparison has already taken into consideration further angular movement of the shaft during the closing time of the proportional valve. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a graphical representation of the method to the present invention. actual angle wnwise predicted angle wnwpe valve closing time znwve
PA: (VOLS) VOLKSWAGEN AG;
IN: JELDEN H; SCHNAUBELT M; SCHULTALBERS M; SPRYSCH A;
FA: EP1087106-A2 28.03.2001; DE50006940-G 05.08.2004;
DE19946077-A1 19.04.2001; EP1087106-B1 30.06.2004;
CO: AL; AT; BE; CH; CY; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LI; LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI;
DR: AL; AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LI; LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI;
IC: F01L-001/34; F01L-001/344; F01L-001/46; F02D-013/02; F02D-045/00; F16D-003/10;
MC: X22-A03G;
DC: Q51; X22;
FN: 2001236928.gif
PR: DE1046077 25.09.1999;
FP: 28.03.2001
UP: 10.08.2004

BEST AVAILABLE COPY





THIS PAGE BLANK (USPTO).

**19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

Offenlegungsschritt

DE 199 46 077 A 1

Int. Cl.⁷:
F 02 D 13/02
F 01 L 1/344
F 16 D 3/10
F 02 D 45/00

(21) Aktenzeichen: 199 46 077.9
 (22) Anmeldetag: 25. 9. 1999
 (43) Offenlegungstag: 19. 4. 2001 ✓

(2)

⑦1 Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

(72) Erfinder:
Jelden, Hanno, 38165 Lehre, DE; Schnaubelt, Michael, 37242 Bad Sooden-Allendorf, DE; Schultalbers, Matthias, 38536 Meinersen, DE; Sprysch, Andreas, 31234 Edemissen, DE

⑤6. Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

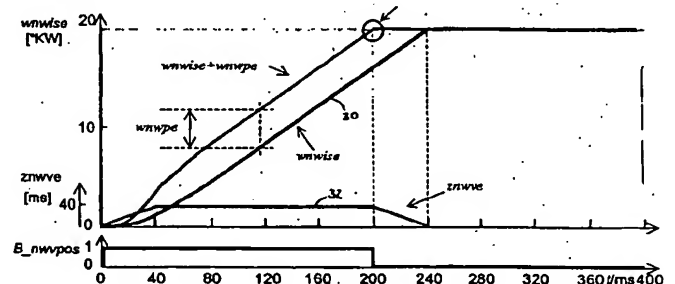
DE	199 14 156 A1
DE	43 17 527 A1
DE	43 07 010 A1
DE	41 27 327 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

(54) Verfahren zur Regelung der Lage einer Nockenwelle und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nockenwellenverstellung in einer Brennkraftmaschine, wobei die Nockenwelle bzgl. einer Kurbelwelle mittels eines von einem Regler und einem Proportionalventil betätigten Verstellers um einen vorbestimmten Winkel verschwenkt wird, wobei der Regler einen Winkelsollwert mit einem Winkelistwert vergleicht, in Abhängigkeit von diesem Vergleich eine Stellgröße in Form eines Tastverhältnisses für das Proportionalventil bestimmt und bei Übereinstimmung von Winkelsoll- und Winkelistwert diese Stellgröße auf ein Halteastverhältnis derart einstellt, daß der Winkelsollwert gehalten wird. Hierbei wird während einer Verstellung der Nockenwelle vor einem jeweiligen Soll-/Istwertvergleich dem Winkelistwert ein Prädiktionswinkel derart hinzuaddiert, daß die Summe aus Winkelistwert und Prädiktionswinkel einem Winkel der Nockenwelle entspricht, den diese nach Umstellen der Stellgröße auf den Haltewert bis zum vollständigen Schließen des Proportionalventils während einer Ventilschließzeit erreicht.



DE 199 46 077 A 1

DE 199 46 077 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nockenwellenverstellung in einer Brennkraftmaschine, wobei die Nockenwelle bzgl. einer Kurbelwelle mittels eines von einem Regler und einem Proportionalventil betätigten Verstellers um einen vorbestimmten Winkel verschwenkt wird, wobei der Regler einen Winkelsollwert mit einem Winkelistwert vergleicht, in Abhängigkeit von diesem Vergleich eine Stellgröße in Form eines Tastverhältnisses für das Proportionalventil bestimmt und bei Übereinstimmung von Winkelsoll- und Winkelistwert diese Stellgröße auf ein Haltetastverhältnis derart einstellt, daß der Winkelsollwert gehalten wird, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Zur Anpassung der Ventilsteuerung an verschiedene Betriebssituationen einer Brennkraftmaschine ist es bekannt, mittels eines Schwenkverstellers und unter Verwendung des Öldruckes einen relativen Winkel zwischen der Nockenwelle und der Kurbelwelle zu verstellen. Hierdurch ergeben sich Vorteile bzgl. Leistungsabgabe, Verbrauch sowie Schadstoffemissionen der Brennkraftmaschine. Bezüglich des Schwenkverstellers ergeben sich jedoch folgende Nachteile: Die maximalen Verstellgeschwindigkeiten des Nockenwellenstellers sind nicht konstant und für einen positiven bzw. negativen Sprung unterschiedlich. Es existieren Betriebspunkte, bei denen der Öldruck zum Verstellen nicht ausreicht. Der Winkelistwert ist im statischen Bereich häufig unruhig.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der o. g. Art mit folgenden Eigenschaften zur Verfügung zu stellen: Gleichbleibend hohe Regelgüte unter allen Betriebsbedingungen, Vereinfachung der Applikation und Auffangen von Streuungen und Toleranzen durch intelligente Adaptionstrategie.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der o. g. Art mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Dazu ist es erfindungsgemäß vorgeschrieben, daß während einer Verstellung der Nockenwelle vor einem jeweiligen Soll-/Istwert-Vergleich dem Winkelistwert ein Prädiktionswinkel derart hinzuaddiert wird, daß die Summe aus Winkelistwert und Prädiktionswinkel einem Winkel der Nockenwelle entspricht, den diese nach Umstellen der Stellgröße auf den Haltewert bis zum vollständigen Schließen des Proportionalventils während einer Ventilschließzeit erreicht.

Dies hat den Vorteil, daß eine präzise Nockenwellenverstellung ohne wesentliches Überspringen erzielt wird, da ein weiteres Verschwenken der Nockenwelle während der Ventilschließzeit bereits beim Soll-/Istwertvergleich berücksichtigt wird. Ferner ergibt sich eine vereinfachte Applikation, da statt einer aufwendigen Bedatung wichtige Größen berechnet werden.

Die Ermittlung der jeweiligen Verstellgeschwindigkeit der Nockenwelle vor jedem Soll-/Istwertvergleich mittels Flankensignalen von einem der Nockenwelle zugeordneten Schnellstartgebräde berücksichtigt einen Einfluß des Öldruckes auf den Prädiktionswinkel. Beispielsweise erhöht sich bei größerem Öldruck die Verstellgeschwindigkeit, was zu einem größeren Prädiktionswinkel führt.

Zweckmäßigerweise wird die Verstellgeschwindigkeit aus einer Lageänderung zwischen zwei zugehörigen negativen Flankenwechseln eines der Nockenwelle zugeordneten Schnellstartgebrädes berechnet, wobei bevorzugt über alle Flankenwechsel einer vollständigen Umdrehung des Schnellstartgebrädes gerechnet wird.

Sofern jedoch über eine Zeitspanne größer als dem Rechenraster kein Flankensignal des Schnellstartgebrädes

auftritt, wird der Winkelistwert für einen nachfolgenden Soll-/Istwertvergleich unter Verwendung der Verstellgeschwindigkeit fortgeschrieben. Hierzu wird bei Ausbleiben eines Flankensignals vom Schnellstartgebräde zwischen zwei Rechentakten beim nächstfolgenden Rechentakt der neue Winkelistwert aus dem beim letzten Rechentakt erhaltenen Winkelistwert zusammen mit einer Winkelkorrektur bestimmt, wobei die Winkelkorrektur aus der Verstellgeschwindigkeit und der Dauer eines Rechentaktes berechnet wird.

Eine von einer Viskosität des Öles unabhängige präzise Nockenwellenverstellung erzielt man dadurch, daß die Ventilschließzeit vor jedem Soll-/Istwertvergleich in Abhängigkeit von einer Motortemperatur, vorzugsweise der Öltemperatur, aus einem Kennfeld bestimmt wird.

Dadurch, daß für unterschiedliche Schwenkrichtungen der Nockenwelle die Ventilschließzeit aus unterschiedlichen Kennfeldern bestimmt wird, ist es möglich, Rückwirkungen auf die Nockenwelle, beispielsweise von Ventilstoßen, welche für unterschiedliche Schwenkrichtungen unterschiedliche Wirkung auf den Prädiktionswinkel haben, zu berücksichtigen.

Zweckmäßigerweise wird ab dem Beginn einer Verstellung der Nockenwelle die Ventilschließzeit von Null bis höchstens zum maximalen bzw. minimalen Wert mittels Integration verändert und ab dem Umstellen der Stellgröße auf das Haltetastverhältnis die Ventilschließzeit vom letzten Wert mittels Integration auf Null berechnet.

Zur Sicherstellung der Konvergenz des Regelverfahrens an den Winkelsollwert, wird eine jeweils bestimmte Ventilschließzeit mit einem Vorzeichen derart versehen, daß der sich aus dem Produkt aus Ventilschließzeit und Verstellgeschwindigkeit ergebende Prädiktionswinkel ein solches Vorzeichen hat, daß sich bei Addition mit dem Winkelistwert eine Betragsänderung des Winkelistwertes in Richtung des Winkelsollwertes ergibt. Mit anderen Worten wird der Betrag des Winkelsollwertes durch den Prädiktionswinkel erhöht, wenn der Winkelsollwert im Betrag größer ist als der Winkelistwert bzw. es wird der Betrag des Winkelsollwertes durch den Prädiktionswinkel erniedrigt, wenn der Winkelistwert im Betrag kleiner ist als der Winkelsollwert.

Beispielsweise werden das Haltetastverhältnis, das Tastverhältnis zum Verstellen in eine Richtung und das Tastverhältnis zum Verstellen in die entgegengesetzte Richtung vorbestimmt.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird oberhalb und unterhalb des Sollwertes ein Fangbereich mit vorbestimmter Breite vorgesehen, wobei bereits dann auf das Haltetastverhältnis umgeschaltet wird, wenn der um den Prädiktionswinkel ergänzte Winkelistwert in den Fangbereich hinein fällt. Hierbei wird für eine präzise Verstellung auf einen neuen Winkel ohne Über- oder Nachschwingen während der Verstellung der Nockenwelle auf einen neuen Winkel der Fangbereich kleiner gewählt als während des Haltens des Winkelsollwertes mit dem Haltetastverhältnis. Der größere Fangbereich beim Halten verhindert zudem, daß die Regelung in unerwünschter Weise in den Betrieb der Winkelverstellung umschaltet, was zu einem unruhigen Reglerverhalten führen würde.

Eine präzise und ruhige Reglercharakteristik beim Halten eines Winkelsollwertes erzielt man dadurch, daß während des Haltens eines Winkelsollwertes eine PI-Regelung durchgeführt wird, wobei ein I-Anteil aus dem Haltetastverhältnis abgeleitet und ein P-Anteil aus einer Sollwertabweichung multipliziert mit einem vorbestimmten Faktor berechnet wird.

Weitere Merkmale, Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen An-

sprüchen, sowie aus der nachstehenden Beschreibung der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen. Diese zeigen in

Fig. 1 eine schematische Übersicht einer Nockenwellenanordnung, welche das erfindungsgemäße Verfahren ausführt,

Fig. 2 eine graphische Darstellung des Verhaltens des tatsächlichen Winkelwertes, des um einen Prädiktionswinkel korrigierten Winkelwertes und der Verschleißzeit des Proportionalventils über die Zeit;

Fig. 3 ein schematisches Blockschaltbild einer das erfindungsgemäße Verfahren ausführenden Reglervorrichtung,

Fig. 4 ein schematisches Blockschaltbild der Modellbildung des Ventils gemäß Fig. 3,

Fig. 5 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 6 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan der Berechnung der Nockenwellengeschwindigkeit gemäß der Ausführungsform von Fig. 5,

Fig. 7 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan des Beobachters mit Modellbildung des Ventils, Prädikation und Berechnung des Winkelwertes mittels Integration,

Fig. 8 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan der Modellbildung des 4/2-Proportionalventils gemäß Fig. 7,

Fig. 9 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan der Adaption der Ventilschließzeit gemäß Fig. 7,

Fig. 10 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan der Ausgabe des Tastverhältnisses mittels eines 3-Punkt-Reglers gemäß der Ausführungsform von Fig. 5,

Fig. 11 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan der Berechnung des Betriebspunktes gemäß der Ausführungsform von Fig. 5,

Fig. 12 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan der Freigabe der Berechnung des Betriebspunktes gemäß Fig. 11.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beispielhaft für die Einlaßnockenwelle beschrieben, was durch den Index "e" in den jeweiligen Bezeichnungen für Signale, Parameter bzw. Bits ersichtlich ist. Dies ist jedoch lediglich beispielhaft. Die dargestellten Erläuterungen gelten sinngemäß auch für die Auslaßnockenwelle.

Die in Fig. 1 beispielhaft dargestellte Nockenwellenanordnung für eine verstellbare Nockenwelle 10 umfaßt einen Schwenkversteller 12, ein diesen Schwenkversteller ansteuerndes 4/2-Proportionalwegeventil 14, ein Motorsteuergerät 16, ein der Nockenwelle 10 zugeordnetes Schnellstartgeberrad 18, einen dieses Schnellstartgeberrad 18 abtastenden Nockenwellensensor 20 und eine die Nockenwelle 10 mit einer nicht dargestellten Kurbelwelle verbindende Kette 22. Der Nockenwellensensor 20 tastet das Schnellstartgeberrad 18 ab, wobei letzteres Erhebungen 24 aufweist, die sich bei Drehung der Nockenwelle 10 aufeinander folgend an dem Nockenwellensensor 20 vorbei bewegen und dort entsprechende Flankensignale erzeugen, die von dem Nockenwellensensor 20 an das Motorsteuergerät 16 übertragen werden. Das Motorsteuergerät 16 steuert wiederum das Proportionalventil 14 derart an, daß den Schwenkversteller mit entsprechendem Öldruck aus einem Ölkreislauf 26 versorgt wird. Dieser Öldruck wird von einer Motorölpumpe 28 erzeugt.

Fig. 2 veranschaulicht grafisch die Arbeitsweise des im Motorsteuergerät 16 (Fig. 1) angeordneten erfindungsgemäßen Reglers. In Fig. 2 ist ein Zeitabschnitt dargestellt, welcher eine Verstellung der Nockenwelle von einem Winkel

0°KW (KW = Kurbelwelle) bis zu einem Winkel 20°KW darstellt. Zu einem Zeitpunkt $t = 0$ s wird ein Bit B_{nwvpos} auf 1 gesetzt, was das Verstellen der Nockenwelle auf einen neuen Relativwinkel bezüglich der Kurbelwelle signalisiert. Als Winkelsollwert ist 20°KW eingestellt. Die Linie 30 veranschaulicht den sich über die Zeit verändernden Winkelwert der Kurbelwelle, welcher nachfolgend mit $wnwise$ bezeichnet ist.

Je nach Stellung des Proportionalwegeventils 14 (Fig. 1) benötigt dieses eine vorbestimmte Zeit $znwve$, bis dieses wieder geschlossen ist. Diese Ventilschließzeit $znwve$ ist mit Linie 32 dargestellt. Mit ändern Worten benötigt das Ventil nach Rücksetzen des Bits B_{nwvpos} auf Null die Zeitspanne $znwve$ bis es vollständig geschlossen ist. In der dargestellten Ausführungsform sind dies 40 ms. Während dieser 40 ms wird der Schwenkversteller 12 vom Öldruck weiter bewegt, wodurch sich auch der relative Winkel der Nockenwelle 10 zur Kurbelwelle verändert. Diese Winkelveränderung hängt im wesentlichen von der Steigung der Kurve 30, d. h. von der Geschwindigkeit ab, mit der sich der Winkelwert verändert (Verstellgeschwindigkeit). Das Produkt aus dieser Verstellgeschwindigkeit $vnwde$ und der Ventilschließzeit $znwve$ ergibt einen Prädiktionswinkel $wnwpe$. Die Summe aus aktuellem Winkelwert $wnwise$ und Prädiktionswinkel $wnwpe$ ergibt somit einen endgültigen Winkel der Nockenwelle 10 gegenüber der Kurbelwelle, welcher nach Beendigung der Verstellung mittels Rücksetzen des Bits B_{nwvpos} auf "0" von der Nockenwelle 10 letztendlich erreicht wird.

Erfindungsgemäß ist es nunmehr im Regler vorgesehen, daß ein Soll-/Istwert-Vergleich nicht mit dem tatsächlichen Istwert $wnwise$ erfolgt, sondern mit der Summe aus $wnwise$ und dem Prädiktionswinkel $wnwpe$. Dementsprechend beendet der Regler die Verstellung bei $t = 200$ ms derart rechtzeitig, daß durch das Weiterlaufen der Nockenwelle 10 im Bereich $t = 200$ ms bis $t = 240$ ms bedingt durch die Schließzeit $znwve$ des Proportionalwegeventils 14 möglichst genau der gewünschte Sollwinkel von 20°KW erreicht wird.

Mit anderen Worten wird zur Regelung der Nockenwellen-Istposition ein Prädiktionsregler verwendet. Übersteigt die Regeldifferenz einen Schwellwert und liegt somit ein erhöhter Stellbedarf vor, wird das Proportionalwegeventil 14 mit maximalem Tastverhältnis angesteuert, was durch Setzen des Bits B_{nwvpos} auf "1" erzielt wird und für die Zeitdauer von $t = 0$ s bis $t = 200$ ms andauert. Entsprechende Kanäle im Proportionalwegeventil 14 geben den größtmöglichen Öffnungsquerschnitt frei und führen zu einer maximalen Verstellgeschwindigkeit $vnwde$. Um ein optimales Einschwingverhalten zu erreichen, wird der Prädiktionswinkel $wnwpe$ verwendet. Diese Größe berücksichtigt den Winkel, den die Nockenwelle benötigt, um aufgrund der endlichen Ventilschließzeit $znwve$ von der momentanen Verstellgeschwindigkeit $vnwde$ zum Stillstand zu kommen. Die Ansteuerung des 4/2-Proportionalwegeventils 14 wird bereits beendet, wenn der Winkelwert den Winkelsollwert bis auf den Prädiktionswinkel $wnwpe$ erreicht hat. Der Prädiktionswinkel errechnet sich als Produkt aus der aktuellen Verstellgeschwindigkeit $vnwde$ und der Ventilschließzeit $znwve$.

Die Verstellgeschwindigkeit $vnwde$ wird aus der Lageänderung der Nockenwelle zwischen zwei negativen Signalen einer Flanke des Schnellstartgeberradsignals berechnet. Die Ermittlung der Verstellgeschwindigkeit $vnwde$ berücksichtigt hierbei den Einfluß des Öldruckes, so daß eine genaue Ermittlung der Prädiktionswinkels möglich ist.

In dem erfindungsgemäßen Regelverfahren erfolgt der Soll-/Istwertvergleich ständig im Rhythmus eines Rechners von beispielsweise 4 ms. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß nicht innerhalb eines jeden Rechenzyklus ein Flank

kensignal des Schnellstartgebrädes 18 auftritt und somit nicht zu jedem Rechentakt der tatsächliche Winkelwert bestimmt werden kann. Um nun trotzdem beim nächsten Rechentakt einen Soll-/Istwertvergleich vornehmen zu können, wird erfindungsgemäß der Winkelwert w_{nw} aus der bestimmten Verstellgeschwindigkeit v_{nwde} berechnet bzw. fortgeschrieben, bis wieder ein Flankensignal des Schnellstartgebrädes 18 auftritt, bei dem eine genaue Positionsbestimmung der Kurbelwelle, der Nockenwelle 10 und somit eines relativen Winkels zwischen diesen (Winkelwert) meßbar ist. Die momentane Ventilschließzeit z_{nwve} wird ebenfalls ständig in Abhängigkeit von der Betriebssituation der Brennkraftmaschine aktualisiert.

Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die Fig. 3 bis 12 eine konkrete bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Regelverfahrens beschrieben.

Fig. 3 veranschaulicht in einem Blockschaltbild eine vereinfachte Struktur eines Drei-Punkt-Nockenwellen-Reglers. In einem Block 34 wird in nachfolgend noch näher erläuteter Weise die aktuelle Verstellgeschwindigkeit v_{nwde} der Nockenwelle berechnet.

Diese Verstellgeschwindigkeit v_{nwde} wird einem Integrator 36 zugeführt, welcher aus der Verstellgeschwindigkeit v_{nwde} über die Zeit einen geschätzten Winkelwert w_{nw} berechnet, sofern kein Flankensignal des Schnellstartgebrädes 18 und somit kein gemessener Winkelwert vorliegt. Gleichzeitig wird bei jedem Rechentakt aus einer Modellbildung des Proportionalwegeventils in Block 38 eine für die momentane Betriebssituation gültige Ventilschließzeit z_{nwve} bestimmt und ausgegeben. Des weiteren steuert Block 38 einen Schalter 40 mittels eines Bits B_{nwvhe} derart, daß wahlweise der Ausgang aus Block 34 oder ein Wert "0" an den Integrator 36 gegeben wird. Dieses Bit B_{nwvhe} ist dann auf "1" gesetzt, wenn keine Verstellung des Nockenwellenwinkels auf einen neuen Wert, sondern ein Halten des momentanen Istwertes erfolgen soll. In diesem Fall erfolgt keine Fortschreibung des Winkelwertes w_{nw} , da dieser sich möglichst nicht verändern soll. Aus der momentanen Ventilschließzeit z_{nwve} zusammen mit der Verstellgeschwindigkeit v_{nwde} wird in einem Block 42 der Prädiktionswinkel w_{nwpe} berechnet. In Block 44 werden der Prädiktionswinkel w_{nwpe} und der abgeschätzte Winkelwert w_{nw} zum Gesamtwinkel w_{nwgsde} für den Soll-/Istwertvergleich im Regler berechnet. Dieser Soll-/Istwertvergleich zwischen w_{nwgsde} und dem Winkelsollwert für die Nockenwelle w_{nwse} erfolgt in Block 46. Dieser Block 46 schaltet mittels der Bits B_{nwvpos} , B_{nwvhe} und B_{nwvneg} die Betriebsart des Reglers, d. h. Halten oder Verstellen des Relativwinkels zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle. Sofern der Soll-/Istwertvergleich ergibt, daß eine große Sollwertdifferenz vorliegt, dann wird je nach Vorzeichen dieser Differenz ein Verstellen in positiver oder negativer Richtung des Relativwinkels zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle durch Setzen entweder des Bits B_{nwvpos} oder des Bits B_{nwvneg} auf "1" aktiviert. Sofern der Soll-/Istwertvergleich jedoch ergibt, daß sich der Gesamtwinkel w_{nwgsde} innerhalb eines Fangbereiches um den Sollwert w_{nwse} befindet, wird die Betriebsart "Winkelhalten" aktiviert, indem das Bit B_{nwvhe} auf "1" gesetzt wird.

Fig. 4 veranschaulicht eine vereinfachte Struktur des Blockes 38 von Fig. 3, welcher eine Modellbildung des Proportionalwegeventils 10 von Fig. 1 umfaßt. In Abhängigkeit von einem Parameter t_{mot} , welcher eine Motortemperatur darstellt, wird für die unterschiedlichen Verstellrichtungen aus einem jeweiligen Kennfeld 48, 50 eine jeweilige maximale Ventilschließgeschwindigkeit für ein Verstellen in positiver bzw. negativer Richtung bestimmt und an einen Integrator 52 übergeben. Dieser Integrator 52 erhält ein zu inte-

grierendes Eingangssignal von einer Logik 54. Dieser Logik ist durch Überprüfung der Bits B_{nwvpos} und B_{nwvneg} bekannt, in welcher Regelsituation sich der Regler momentan befindet. Ferner ist der Logik 54 über Rückkopplung 56 der momentane Zustand des Integrators 52 ebenso bekannt. Durch ein entsprechendes Eingangssignal aus der Logik 54 erhöht der Integrator 52 an seinem Ausgang ab dem Beginn einer positiven Verstellung des Nockenwellenwinkels auf einen neuen Wert die Ventilschließzeit steigend, wie dies aus Kurve 32 in Fig. 2 ersichtlich ist. Die Werte aus den Kennfeldern 48 bzw. 50 stellen dabei die maximalen Ventilschließzeiten z_{nwve} für die positive bzw. negative Verstellrichtung dar. Diese liegt bei dem Beispiel gemäß Fig. 2 bei 40 ms, so daß der Ausgang des Integrators 52 ab diesem Zeitpunkt konstant bleibt. Nach einer entsprechenden Vorzeichenkorrektur in Block 58 wird dann schließlich von der Modellbildung in Block 38 die aktuelle Ventilschließzeit z_{nwve} sowie das Bit zum Signalisieren eines Haltezustandes B_{nwvhe} ausgegeben.

Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die Fig. 4 bis 12 eine konkrete Ausgestaltung des Funktionsablaufes der erfindungsgemäßen Regelung gemäß der Fig. 3 und 4 beschrieben.

Fig. 5 veranschaulicht hierzu in einer Übersicht den erfindungsgemäßen Nockenwellenregler. Dieser umfaßt folgendes: einen Beobachter 60, welcher die Funktionen der Blöcke 36, 38, 42 und 44 gemäß Fig. 3 in sich vereint, eine Geschwindigkeitsberechnung 62, eine Adaption des Arbeitspunktes 64, eine Fehlerbehandlung 66 und eine Ausgabe des Tastverhältnisses 68. Der in Fig. 5 dargestellte Nockenwellenregler erhält als Eingangswerte einen Winkelsollwert w_{nwse} sowie einen Winkelwert w_{nw} . Als Ausgangswert gibt dieser Nockenwellenregler im wesentlichen einen Stellwert in Form eines Tastverhältnisses $\tan w_{re}$ ab. Dieses Tastverhältnis $\tan w_{re}$ wird dem Proportionalwegeventil zugeführt und stellt eine entsprechende Ventilstellung derart ein, daß entweder der Nockenwellenwinkel in negative Richtung verändert wird (Tastverhältnis $\tan w_{re} = \tan w_{nnc}$) oder der Nockenwellenwinkel in positiver Richtung verändert wird (Tastverhältnis $\tan w_{re} = \tan w_{nps}$) oder der momentane Winkelwert gehalten wird (Tastverhältnis $\tan w_{re} = \tan w_{rhe} + \tan w_{nps}$, wie nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 10 noch näher erläutert wird).

Fig. 6 veranschaulicht die Berechnung der Verstellgeschwindigkeit v_{nwde} in Block 62. Diese Berechnung erfolgt immer dann, wenn das Bit B_{nwvhe} gleich "1" ist und damit signalisiert, daß ein Flankensignal des Schnellstartgebrädes empfangen wurde. In diesem Fall erfolgt der Ablauf von Operationen in einem Zweig 70, wobei diese Operationen mit /1/ bis /11/ gekennzeichnet sind, wobei die Ziffern die Reihenfolge der Funktionsausführung beginnend mit /1/ kennzeichnen. In Block 72 erfolgt dann die Auswertung mehrerer Flankensignale des Schnellstartgebrädes über eine volle Umdrehung desselben. Entsprechende Drehwinkel und Zeitabschnitte zwischen den Flankensignalen werden in Schieberegistern 74 bzw. 76 aufgenommen und in Blöcken 78 bzw. 80 aufsummiert. In Block 82 werden die aufsummierten Winkel durch die aufsummierten Zeiten geteilt, woraus sich die Verstellgeschwindigkeit v_{nwde} gemittelt über eine volle Umdrehung des Schnellstartgebrädes ergibt. Gegebenenfalls erfolgt in einem Filter 84 eine Filterung der berechneten Verstellgeschwindigkeit v_{nwde} , wodurch die Geschwindigkeitserfassung geglättet wird. Die Drehung des Schnellstartgebrädes erfolgt jedoch nicht in der selben Frequenz, die dem Rechenraster zugrunde liegt. Demzufolge tritt ein Flankensignal nicht notwendigerweise exakt zum Zeitpunkt eines Rechentaktes auf, sondern in der Regel zwischen zwei Rechentakten. Nun wird jedoch zum

Zeitpunkt des Eintritts des Flankensignals eine momentane Stellung der Kurbelwelle ausgewertet. Durch Vergleich mit der zugehörigen Flanke des Schnellstartgebers läßt sich somit zwar ein Relativwinkel zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle bestimmen, jedoch liegt dieser Zeitpunkt im Moment des Rechentaktes in der Vergangenheit, da zwischen dem Auftreten des Flankensignals und dem nächsten Rechentakt ein gewisser Bruchteil einer Rechentaktzeit vergangen ist. Die Berechnungen des in den Figuren dargestellten erfindungsgemäßen Reglers erfolgen gemäß einem in Block 86 bestimmten Zeitpunkts. Um nun aus der Lagebestimmung der Kurbelwelle zum Zeitpunkt des Flankensignals einen exakten Winkelwert zum Zeitpunkt des (zeitlich später liegenden) Rechentaktes zu bestimmen, wird im Block 88 die Zeitspanne zwischen dem Auftreten des Flankensignals und dem nächsten Rechentakt bestimmt. Diese Zeitspanne wird bei 90 als letzte Funktion /11/ an den Beobachter 60 übergeben. Sofern jedoch seit dem letzten Rechentakt kein Flankensignal des Schnellstartgebers auftrat, ist das Bit B_{nwhe} auf "0" gesetzt und es erfolgt die Ausführung des Programmzweiges 92. In diesem Zweig 92 wird lediglich eine mit /1/ bezeichnete Funktion ausgeführt, in der einem Register 94 eine Rechentaktzeit hinzu addiert wird und eine gesamt verstrichene Zeit dt_{nwe} seit dem letzten Flankensignal an den Beobachter 60 weitergeleitet wird.

Fig. 7 veranschaulicht den Funktionsablauf im Beobachter 60. Sofern durch das Bit B_{nwhe} signalisiert wird, daß sich der Regler im Betriebsmodus "Verstellen auf einen neuen Winkelwert" befindet, wird die in Block 62 berechnete Verstellgeschwindigkeit $vnwde$ einem Integrator 94 zugeführt. Dieser berechnet aus der Verstellgeschwindigkeit und der seit dem letzten Flankensignal des Schnellstartgebers vergangenen Zeit einen geschätzten Winkelwert $wnwgse$. Sofern jedoch ein Flankensignal des Schnellstartgebers ein exaktes Bestimmen des Winkelwertes zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle zuläßt, erfolgt ein Abgleich des Integrators 94 über Zweig 96, wobei der zum Zeitpunkt des Flankensignals bestimmte Wert des Winkels mit der entsprechenden Korrektur aufgrund der Zeitspanne zwischen Flankensignal und Rechentakt als neuer Winkelwert $wnwgse$ gesetzt wird. Die Korrektur erfolgt bei der Multiplikation der Verstellgeschwindigkeit $vnwde$ mit der Zeitspanne dt_{nwe} seit dem letzten Flankensignal im Block 98 und führt zum Korrekturwinkel $wnwkrve$, der in Block 100 dem zum Zeitpunkt des Flankensignals gemessenen Winkelwert $wnwse$ hinzu addiert wird. Der den Integrator verlassende Istwert $wnwgse$ wird schließlich in Block 102 um den Prädiktionswinkel $wnwpe$ ergänzt zu $wnwgsde$. In Block 104 erfolgt schließlich der Soll-/Istwertvergleich in dem der ergänzte Winkelwert $wnwgsde$ und der Winkelsollwert $wnwse$ voneinander abgezogen werden. Das Ergebnis ist die Regeldifferenz $dwnwe$.

Die Bestimmung des Prädiktionswinkels $wnwpe$ in Block 106 ist in Fig. 8 veranschaulicht. In Fig. 8 finden sich die Logik 54, der Integrator 52, die Rückkopplung 56, die Kennfelder 48, 50 sowie die Vorzeichenkorrektur 58 wieder. Zusätzlich wird bei 108 und 110 ein Korrekturwert für die maximale Ventilschließzeit $znwpe$ in positiver Richtung bzw. $znwvne$ in negativer Richtung eingeführt. Die Bestimmung dieser Korrekturwerte $znwadne$ und $znwadpe$ ist in Fig. 9 veranschaulicht. In Block 112 wird geprüft, ob eine Adaption notwendig ist oder nicht. In Block 114 wird festgelegt wie adaptiert wird und in Block 116 erfolgt eine Lernwert-Begrenzung. In Block 118 wird die Adaption gelöscht. Der Adaptionswert berücksichtigt beispielsweise Ölviskosität, Streuungen und Leckagen.

Fig. 10 veranschaulicht schließlich den Aufbau des Blockes 68, welcher ein jeweiliges Tastverhältnis $tanwre$ zum

Ansteuern des Proportionalwegeventils ausgibt. In Block 120 erfolgt in Abhängigkeit der Werte der Bits B_{nwvne} ($= B_{nwvneg}$) und B_{nwvpe} ($= B_{nwvpos}$) die Auswahl aus drei Quellen für das auszugebende Tastverhältnis $tanwre$. Mit anderen Worten handelt es sich bei dem Regler mit dem Funktionsblock 120 um einen Drei-Punkt-Regler.

Sofern das Bit B_{nwvne} oder B_{nwvpe} gesetzt ist, wird jeweils ein Tastverhältnis aus dem Register 122 oder 124 ausgegeben. Hierbei handelt es sich um Tastverhältnisse zur Verstellung des Relativwinkels zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle in positive oder negative Richtung. Sofern momentan kein neuer Relativwinkel für die Nockenwelle angefahren wird, befindet sich der Regler im "Haltemodus", d. h. es wird ein Haltetastverhältnis ausgegeben. Dieses wird in Form eines PI-Reglers erzeugt und umfaßt als P-Anteil das Tastverhältnis $tanwpe$ und als I-Anteil das Haltetastverhältnis $tanwrhe$, die im Block 126 aufsummiert werden. Der P-Anteil $tanwpe$ ist dabei das Ergebnis einer Multiplikation aus der Regeldifferenz $dwnwe$ mit einem festen Faktor aus einem Register 128 im Funktionsblock 130.

Das Setzen oder Zurücksetzen der Bits B_{nwvne} bzw. B_{nwvpe} , die ein Verstellen auf einen neuen Relativwinkel zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle signalisieren, erfolgt zusätzlich in Abhängigkeit von Schwellwerten $WSNW$ und $WSRNWE$ in Registern 132, 134, die jeweils einen Fangbereich um den Sollwert herum bilden. Hierbei ist ein größerer Fangbereich $WSNW$ aus Register 132 aktiv, wenn sich die Regelung im Haltemodus befindet, d. h. wenn gemäß dem gesetzten Bit B_{nwhe} der momentane Winkel gehalten werden soll. Sofern sich jedoch der Regler in einem Betriebszustand befindet, in dem auf einen neuen relativen Winkel zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle verstellt wird, ist der kleinere Fangbereich $WSRNWE$ aus Register 134 aktiv.

Fig. 11 veranschaulicht den Aufbau und die Funktionsweise des Blockes 64 von Fig. 5 zur Berechnung des Betriebspunktes, d. h. zur Bestimmung des Haltetastverhältnisses $tanwrhe$. Hierbei wird in einem Block 136 geprüft, ob die Berechnung des Betriebspunktes aktiviert werden soll oder nicht. Die Aktivierung erfolgt lediglich dann, wenn die Winkelposition der Nockenwelle bezüglich der Kurbelwelle konstant gehalten werden soll. Der Block 64 paßt dann das Haltetastverhältnis $tanwrhe$ in optimaler Weise derart an, daß sich ein entsprechender Betriebspunkt für die Regelung ergibt. Aufbau und Funktion des Blockes 136 sind in Fig. 12 illustriert. Hierbei wird in Block 138 ein Soll-/Istwertvergleich zwischen dem Winkelwert $wnwgse$ und dem Winkelsollwert $wnwse$ ohne Hinzufügung des Prädiktionswinkels durchgeführt. Hierdurch ist sichergestellt, daß die Berechnung des Betriebspunktes nicht bereits in dem Zeitintervall aktiviert wird, in dem zwar die Verstellung beendet ist, jedoch das Proportionalwegeventil noch nicht ganz geschlossen ist (Ventilschließzeit $znwvc$). In Fig. 2 ist dies der Zeitbereich von $t = 200$ ms bis $t = 240$ ms. Erst in dem Zeitbereich nach $t = 240$ ms soll die Berechnung des Betriebspunktes einsetzen. Durch eine Rückkopplung 140 wird schließlich sichergestellt, daß die Berechnung des Betriebspunktes auch dann noch aktiv bleibt, wenn sich in Abwesenheit des Wunsches der Verstellung auf einen neuen relativen Winkelwert zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle der Winkelwert etwas weiter von dem Winkelsollwert entfernt.

Erst wenn tatsächlich der Winkelsollwert auf einen neuen Wert eingestellt wurde, der nunmehr angefahren werden muß, hört die Berechnung des Betriebspunktes auf.

An Stelle des beispielhaft gezeigten Schwenkverstellers 12 kann ein beliebiger Versteller eingesetzt werden, z. B. aus dem Stand der Technik bekannte, mit einer Schrägver-

zahnung versehene hydraulisch betätigte Axialkolbenversteller.

BEZUGSZEICHENLISTE

B_nwcoe Bit zur Freigabe der Berechnung des Betriebspunktes
 B_nwie Bit für Auftreten einer Flanke des Schnellstartgebers (Interrupt)
 B_nwvpos Bit für Verstellung der Nockenwelle in positiver Richtung (maximales Tastverhältnis für Verstellung in positiver Richtung aktiv)
 B_nwneg Bit für Verstellung der Nockenwelle in negativer Richtung (maximales Tastverhältnis für Verstellung in negativer Richtung aktiv)
 B_nwvhe Bit für Halten des Winkelwertes im Bereich des Bitsollwertes mit PI-Regelung (Haltetastverhältnis aktiv)
 B_nwtve Bit für Reglerberechnung aktiv
 dnnwe Winkel zwischen zwei auszuwertenden Flanken des Schnellstartgebers
 dnnwXe X-ter Winkelwert, X = 1, 2, 3
 dtnwe Zeitabschnitt zwischen zwei auszuwertenden Flanken des Schnellstartgebers
 dtnwXe X-te Zeitabschnitt, X = 1, 2, 3
 dwnwe Differenz: Winkelsollwert der Nockenwelle minus prädiktiver Winkelwert der Nockenwelle (Soll/Ist-Abweichung)
 tanwne Tastverhältnis zur Verminderung des Nockenwellenwinkels
 tanwpe Proportional-Anteil des Haltetastverhältnisses
 tanwpse Tastverhältnis zur Erhöhung des Nockenwellenwinkels
 tanwre Tastverhältnis für Nockenwellenregelung
 tanwrhe adaptiertes Haltetastverhältnis (Integralanteil)
 tmot Motortemperatur
 twie Zeit eines Systemtimers bei Eintreffen einer Flanke des Schnellstartgebers
 twtv Rechenzeitraster
 ttvic Systemzähler
 ttvier Übernahmewert von ttvie bei Auftreten einer Flanke des Schnellstartgebers (B_nwtve = TRUE)
 vnwde Verstellgeschwindigkeit der Nockenwelle
 vnwdze Zwischenwert der Verstellgeschwindigkeit der Nockenwelle
 wnwgsde Winkelwert + Prädikationswinkel (voraussichtlicher Winkel der Nockenwelle, welcher erreicht würde, wenn das Bit B_nwvhe auf TRUE gehen würde)
 wnwgs geschätzter Einlaßnockenwellenwinkel
 wnwrve Korrekturwert für Nockenwellenwinkel wegen Zeitspanne zwischen Auftreten der Flanke des Schnellstartgebers und dem Berechnungszeitpunkt des Rechenrasterakts
 wnwpce Prädikationswinkel
 wnwise Winkelwert der Nockenwelle
 wnwise' geschätzter Winkelwert der Nockenwelle in Rechenrastern ohne Auftreten einer Flanke des Schnellstartgebers
 wnwise Winkelsollwert der Nockenwelle
 wsnw Wert für Fangbereich (wenn B_nwhe = TRUE, d. h. wenn der Winkel gehalten wird)
 wsnrw reduzierter Wert für Fangbereich (wenn sich wnwise an wnwise annähert)
 znwadpe Adaptionwert für Ventilschließzeit bei positiver Verstellung
 znwadne Adaptionwert für Ventilschließzeit bei negativer Verstellung
 znwve Ventilschließzeit
 znwvpe Grenzwert der Ventilschließzeit bei positiver Ver-

stellung
 znwvne Grenzwert der Ventilschließzeit bei negativer Verstellung
 10 Nockenwelle
 5 12 Schwenkversteller
 14 4/2-Proportionalwegeventil
 16 Motorsteuergerät
 18 Schnellstartgebrad
 20 Nockenwellensensor
 10 22 Kette
 24 Erhebungen des Schnellstartgebers
 26 Ölkreislauf
 28 Motorölpumpe
 30 Winkelwert
 15 32 Ventilschließzeit
 34 Berechnung der Verstellgeschwindigkeit vnwde
 36 Integrator
 38 Modellbildung des Proportionalwegeventils
 40 Schalter
 20 42 Berechnung wnwpce = znwve · vnwde
 44 Berechnung wnwpce + wnwise'
 46 Soll-/Istwertvergleich
 48 Kennfeld
 50 Kennfeld
 25 52 Integrator
 54 Logik
 56 Rückkopplung
 58 Vorzeichenkorrektur
 60 Beobachter
 30 62 Geschwindigkeitsberechnung
 64 Adaption des Arbeitspunktes
 66 Fehlerbehandlung
 68 Ausgabe des Tastverhältnisses
 70 Funktionszweig, IF-Bedingung wahr
 35 72 Block Verstellgeschw.-Berechnung
 74 Schieberegister Winkel
 76 Schieberegister Zeit
 78 Block: Aufsummieren Winkel
 80 Block: Aufsummieren Zeit
 40 82 Division
 84 Filter
 86 Berechnung Rechenraster
 88 Bestimmung Zeitspanne zwischen Flankensignal und Rechenakt
 45 90 Übergabe Zeitspanne
 92 Funktionszweig, IF-Bedingung falsch
 94 Integrator
 96 Zweig
 98 Multiplikation für Korrektur
 50 100 Addition
 102 Addition
 104 Subtraktion
 106 Bestimmung des Prädikationswinkels
 108 Addition Korrekturwert
 55 110 Addition Korrekturwert
 112 Block: Prüfung ob Adaption notwendig ist
 114 Block: wie wird adaptiert
 116 Block: Lernwertbegrenzung
 118 Block: löschen der Adaption
 60 120 Auswahl Tastverhältnis
 122 Register
 124 Register
 126 Addition
 128 Register
 65 130 Multiplikation
 132 Register
 134 Register
 136 Block: Freigabe der Berechnung des Betriebspunktes

138 Block Soll-/Istwertvergleich und Prädiktionswinkel
140 Rückkopplung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Nockenwellenverstellung in einer Brennkraftmaschine, wobei die Nockenwelle bzgl. einer Kurbelwelle mittels eines von einem Regler und einem Proportionalventil betätigten Verstellers, vorzugsweise eines Schwenkverstellers um einen vorbestimmten Winkel verschwenkt wird, wobei der Regler einen Winkelsollwert mit einem Winkelistwert vergleicht, in Abhängigkeit von diesem Vergleich eine Stellgröße in Form eines Tastverhältnisses für das Proportionalventil bestimmt und bei Übereinstimmung von Winkelsoll- und Winkelistwert diese Stellgröße auf ein Haltetastverhältnis derart einstellt, daß der Winkelsollwert gehalten wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß während einer Verstellung der Nockenwelle vor einem jeweiligen Soll-/Istwertvergleich dem Winkelistwert ein Prädiktionswinkel derart hinzuaddiert wird, daß die Summe aus Winkelistwert und Prädiktionswinkel einem Winkel der Nockenwelle entspricht, den diese nach Umstellen der Stellgröße auf den Haltewert bis zum vollständigen Schließen des Proportionalventils während einer Ventilschließzeit erreicht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Prädiktionswinkel derart hinzuaddiert wird, daß durch die Prädiktion eine integrale Strecke mit Totzeit modelliert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß vor jedem Soll-/Istwertvergleich eine momentane Verstellgeschwindigkeit der Nockenwelle berechnet und der Prädiktionswinkel als Produkt aus Verstellgeschwindigkeit und Ventilschließzeit bestimmt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3; dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellgeschwindigkeit aus einer Lageänderung zwischen zwei zugehörigen Flanken eines der Nockenwelle zugeordneten Schnellstartgeberrades berechnet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß über alle Flankenwechsel einer vollständigen Umdrehung des Schnellstartgeberrades gemittelt wird.
6. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Grundlage eines Rechenrasters bei jedem Rechentakt ein Soll-/Istwertvergleich durchgeführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6 und wenigstens einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Auftreten eines Flankensignals vom Schnellstartgeberrad eine Position der Nockenwelle bestimmt wird und eine sich daraus ergebende Winkeldifferenz zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle als Winkelistwert gesetzt wird, wobei dieser Winkelistwert zusätzlich mit einer Winkelkorrektur versehen wird, die aus der Zeitspanne zwischen dem Auftreten des Flankensignals und dem Rechentakt sowie aus der Verstellgeschwindigkeit berechnet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7 und wenigstens einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Ausbleiben eines Flankensignals vom Schnellstartgeberrad zwischen zwei Rechentakten der neue Winkelistwert aus dem beim letzten Rechentakt erhaltenen Winkelistwert zusammen mit einer Winkelkorrektur bestimmt wird, wobei die Winkelkorrektur aus der Verstellgeschwindigkeit und der Dauer eines Rechentaktes berechnet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-

che, dadurch gekennzeichnet, daß vor jedem Soll-/Istwertvergleich in Abhängigkeit von einer Motortemperatur aus einem Kennfeld eine maximale Ventilschließzeit bestimmt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß für unterschiedliche Schwenkrichtungen der Nockenwelle die Ventilschließzeit aus unterschiedlichen Kennfeldern bestimmt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß ab dem Beginn einer Verstellung der Nockenwelle die Ventilschließzeit von Null bis höchstens zum maximalen bzw. minimalen Wert mittels Integration verändert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß ab dem Umstellen der Stellgröße auf das Haltetastverhältnis die Ventilschließzeit vom letzten Wert auf Null integriert wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine jeweils bestimmte Ventilschließzeit mit einem Vorzeichen derart versehen wird, daß der sich aus dem Produkt aus Ventilschließzeit und Verstellgeschwindigkeit ergebende Prädiktionswinkel eine solches Vorzeichen hat, daß sich bei Addition mit dem Winkelistwert eine Betragsänderung des Winkelistwertes in Richtung des Winkelsollwertes ergibt.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Haltetastverhältnis, das Tastverhältnis zum Verstellen in eine Richtung und das Tastverhältnis zum Verstellen in die entgegengesetzte Richtung vorbestimmt werden.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß oberhalb und unterhalb des Sollwertes ein Fangbereich mit vorbestimmter Breite vorgesehen wird, wobei bereits dann auf das Haltetastverhältnis umgeschaltet wird, wenn der um den Prädiktionswinkel ergänzte Winkelistwert in den Fangbereich hinein fällt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß während der Verstellung der Nockenwelle auf einen neuen Winkel der Fangbereich kleiner gewählt wird als während des Haltens des Winkelsollwertes mit dem Haltetastverhältnis.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während des Haltens eines Winkelsollwertes eine PI-Regelung durchgeführt wird, wobei ein I-Anteil aus dem Haltetastverhältnis abgeleitet und ein P-Anteil aus einer Sollwertabweichung multipliziert mit einem vorbestimmten Faktor berechnet wird.

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

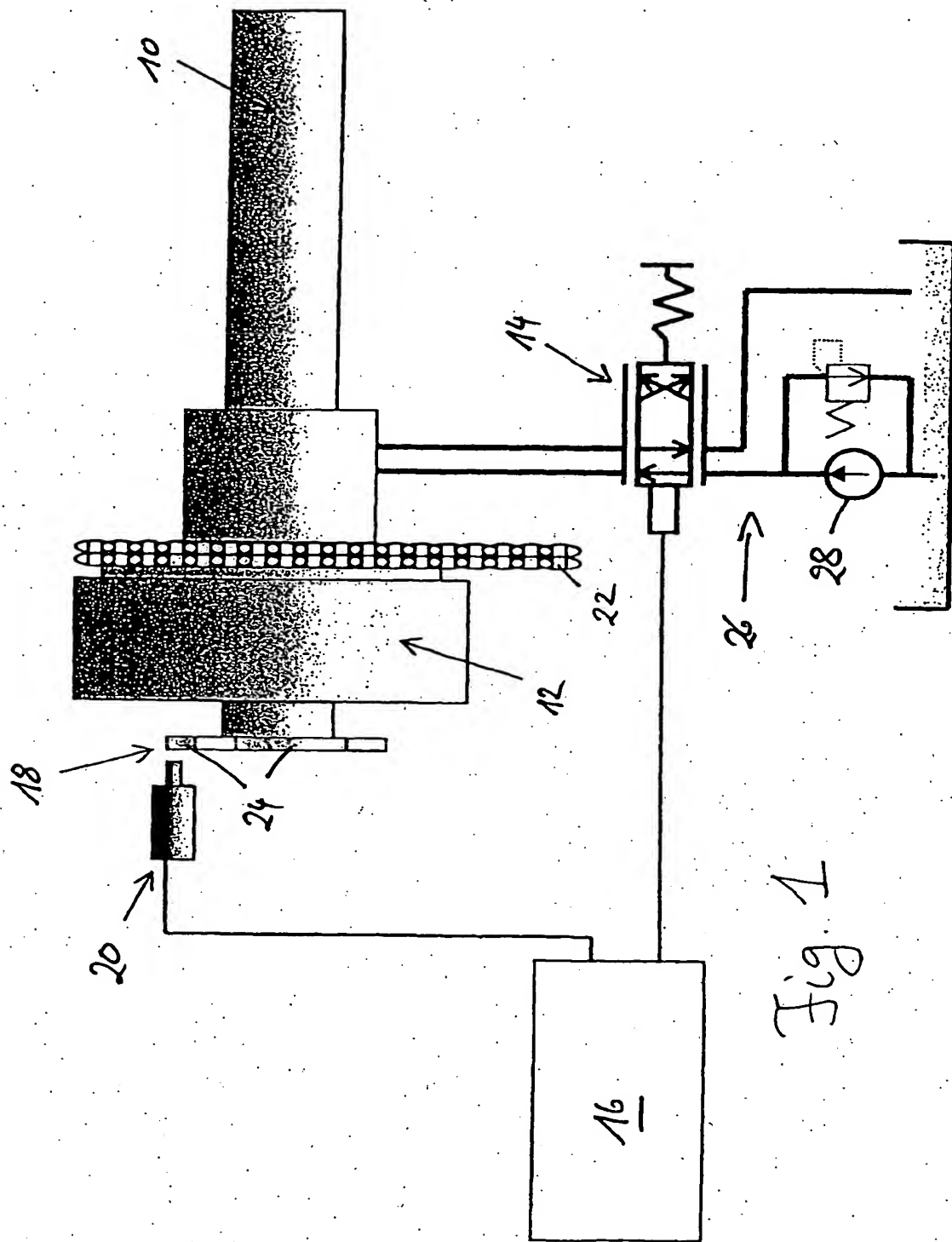


Fig. 1

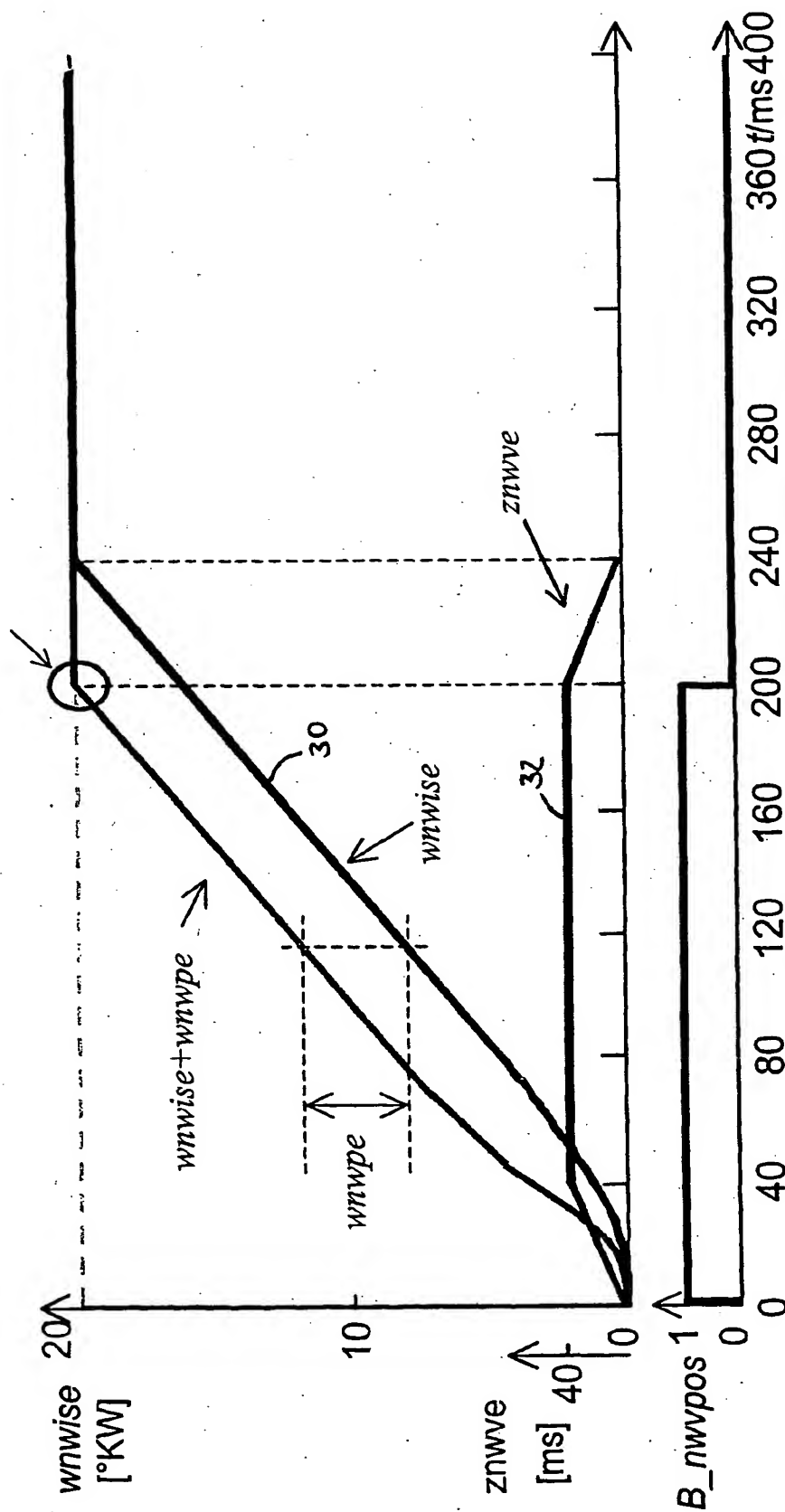


Fig. 2

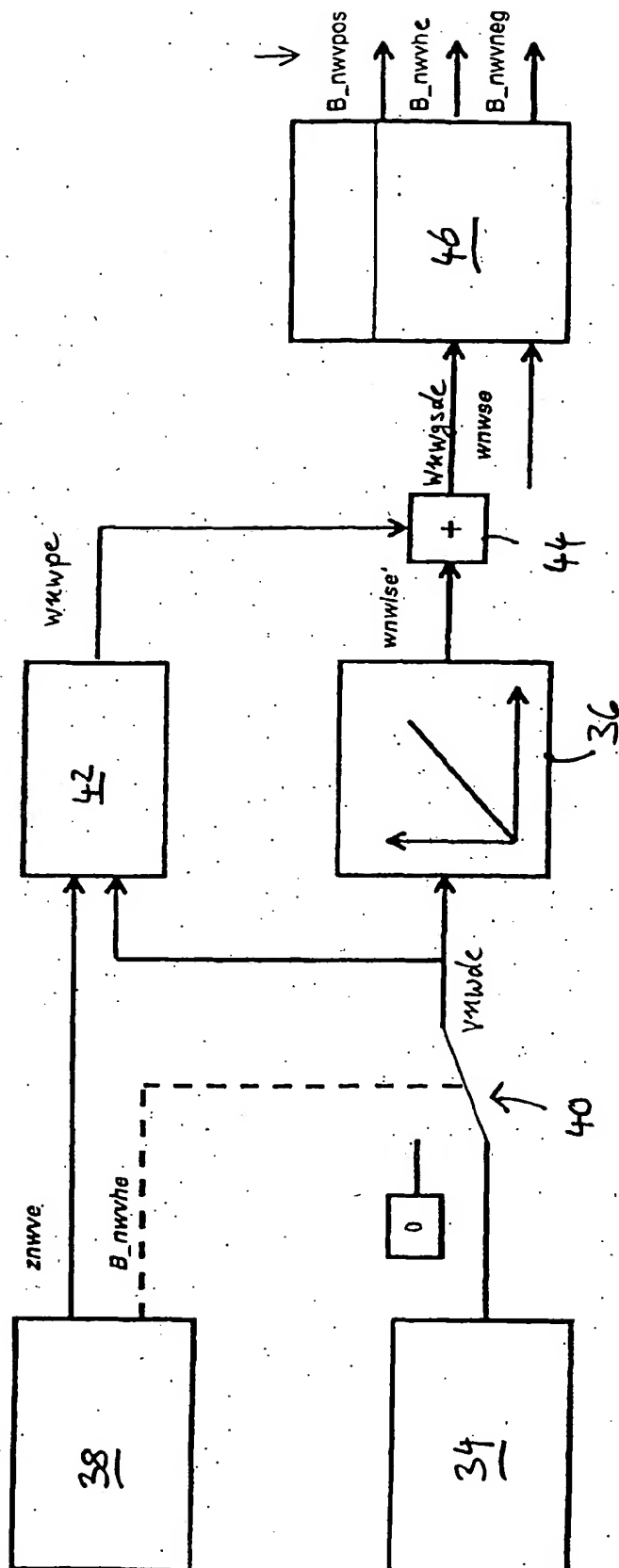


Fig. 3

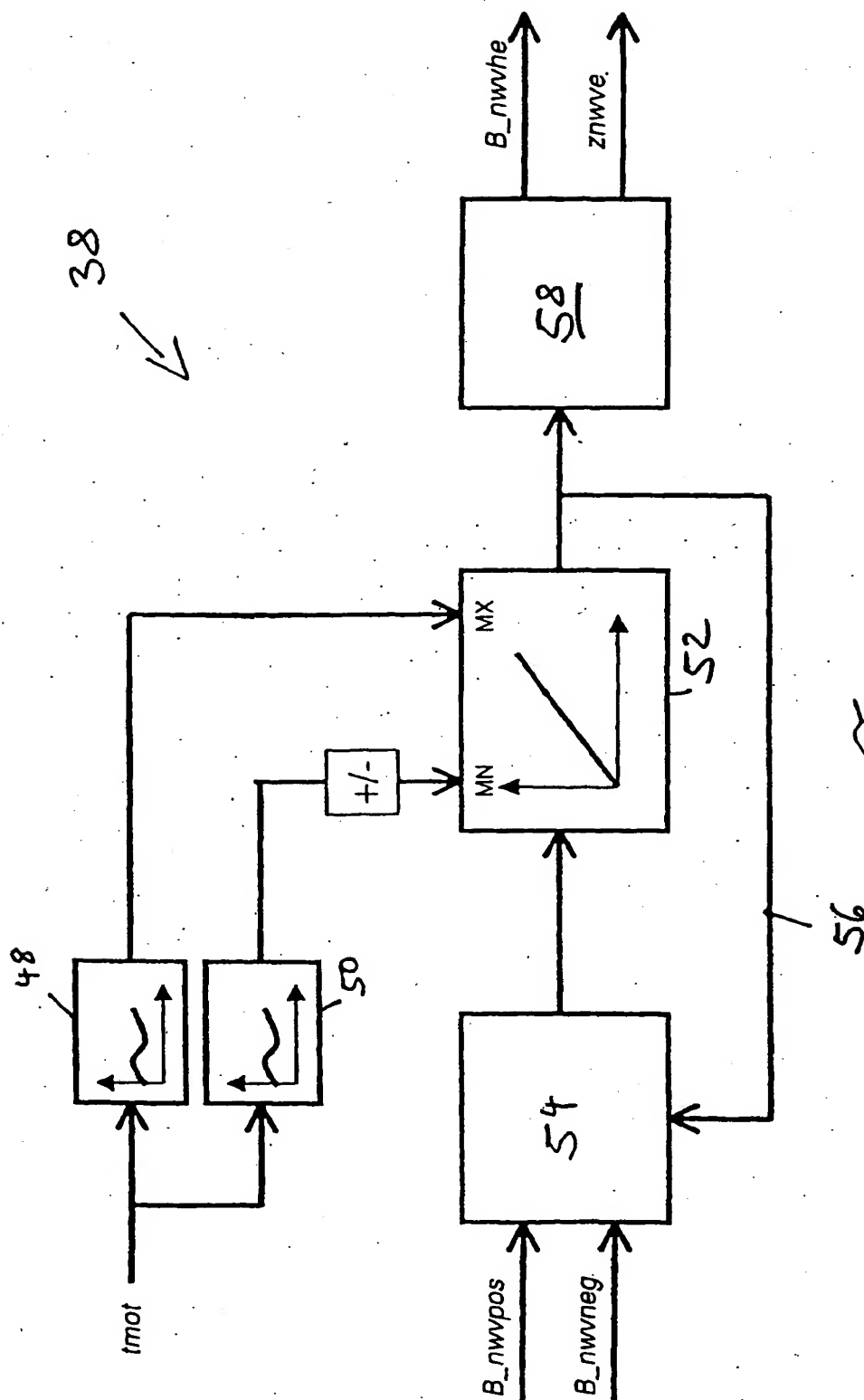


Fig. 4

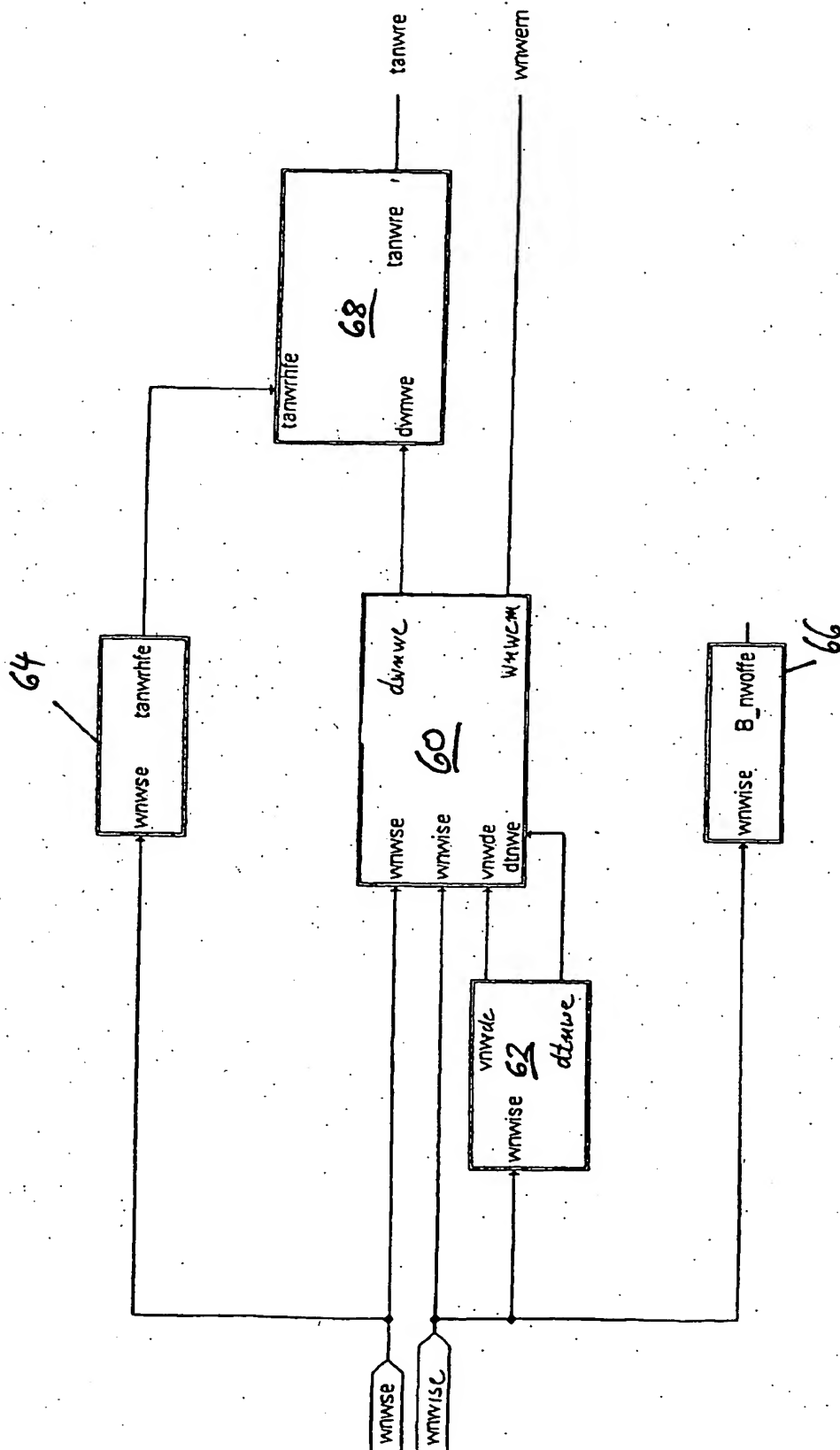
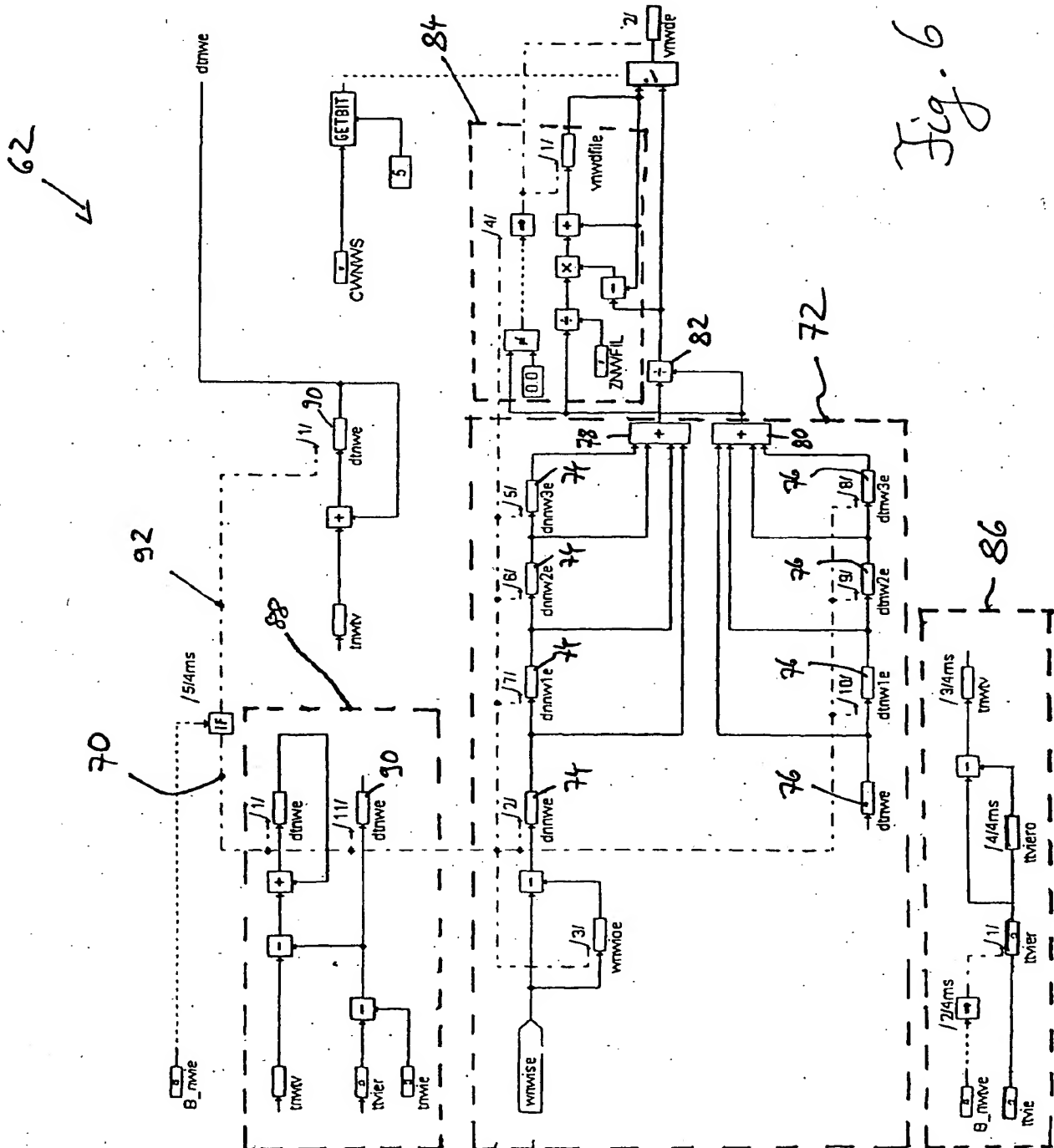


Fig. 5



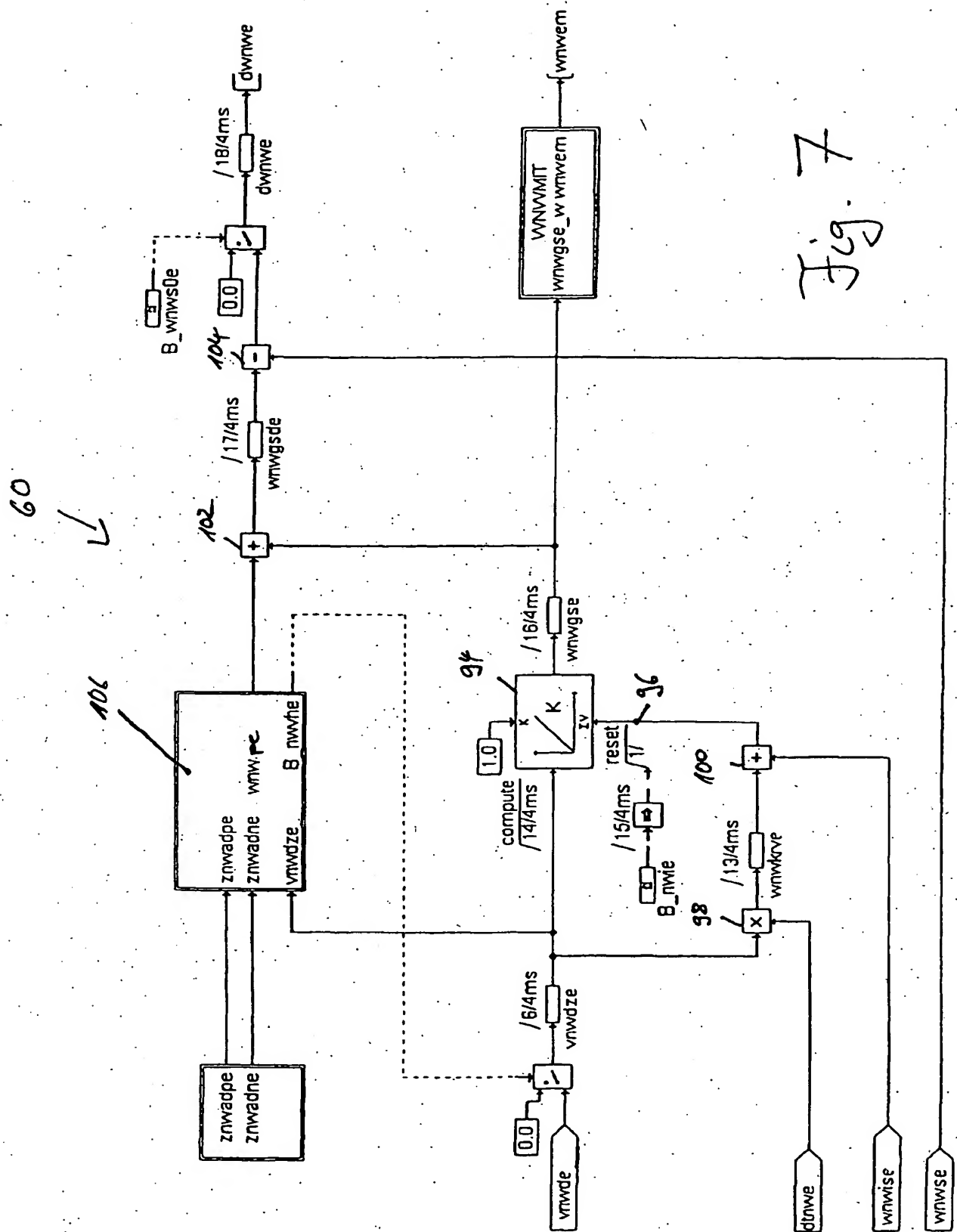
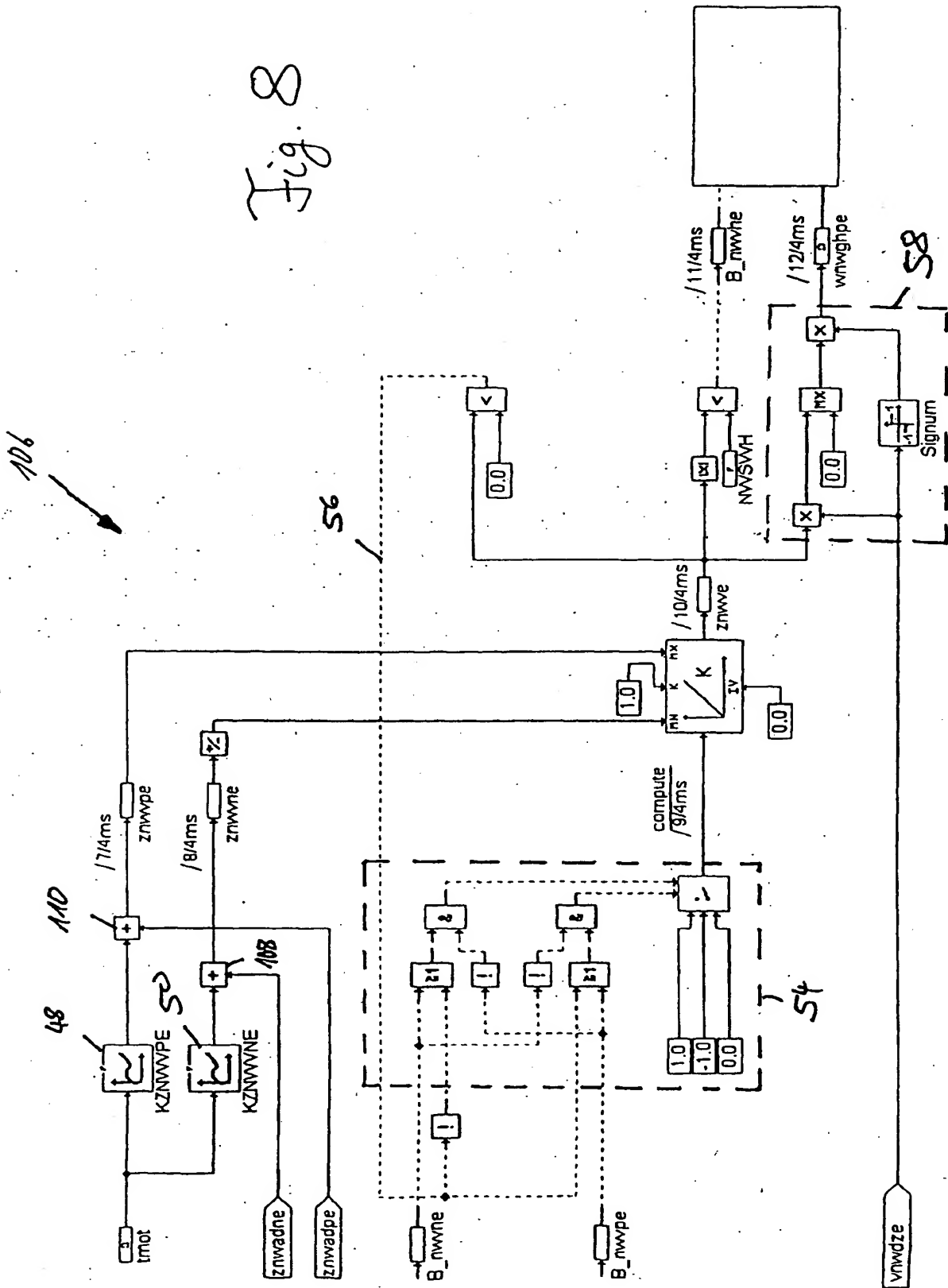


Fig. 7.

Fig. 8



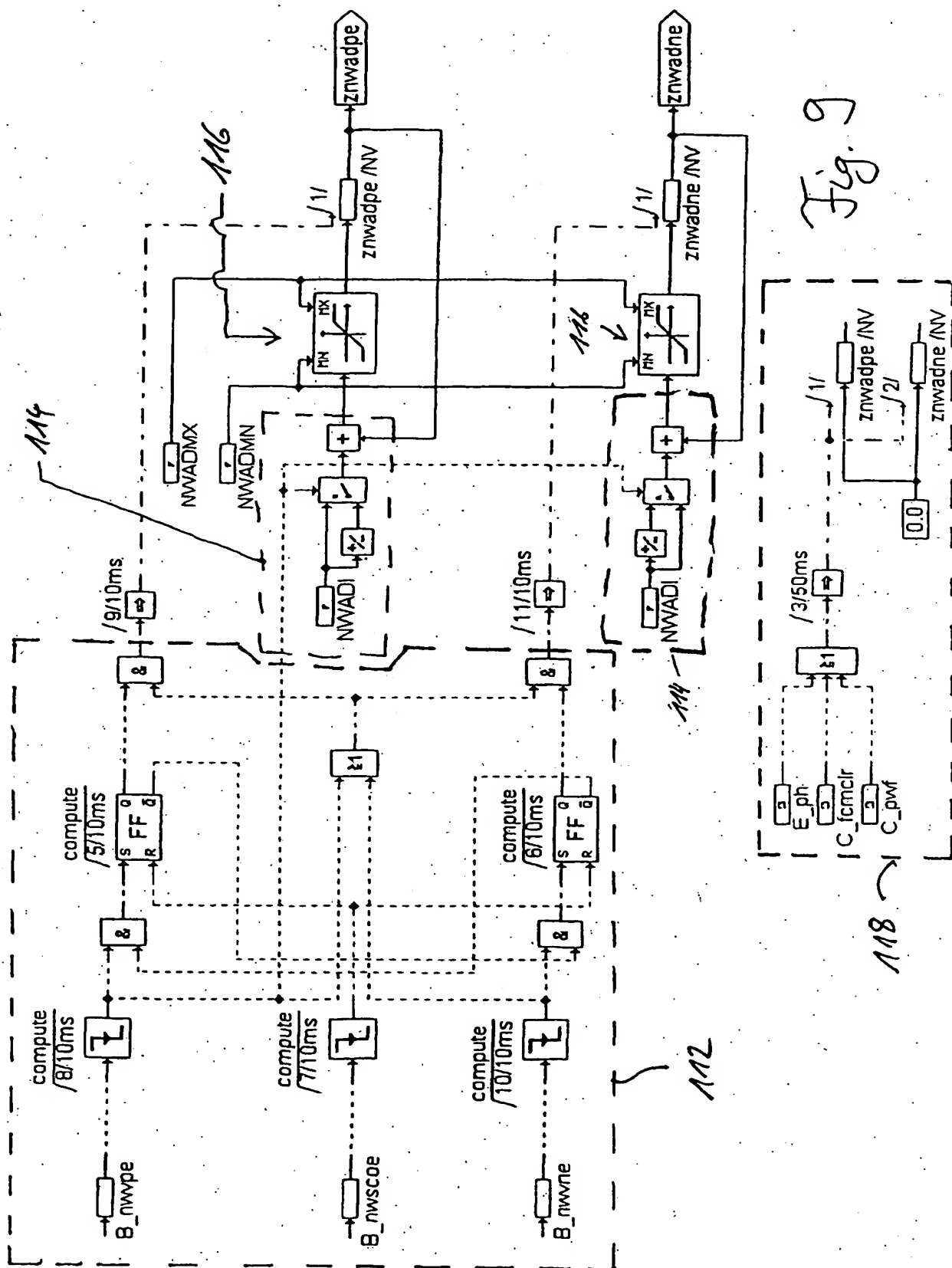


Fig. 9

68

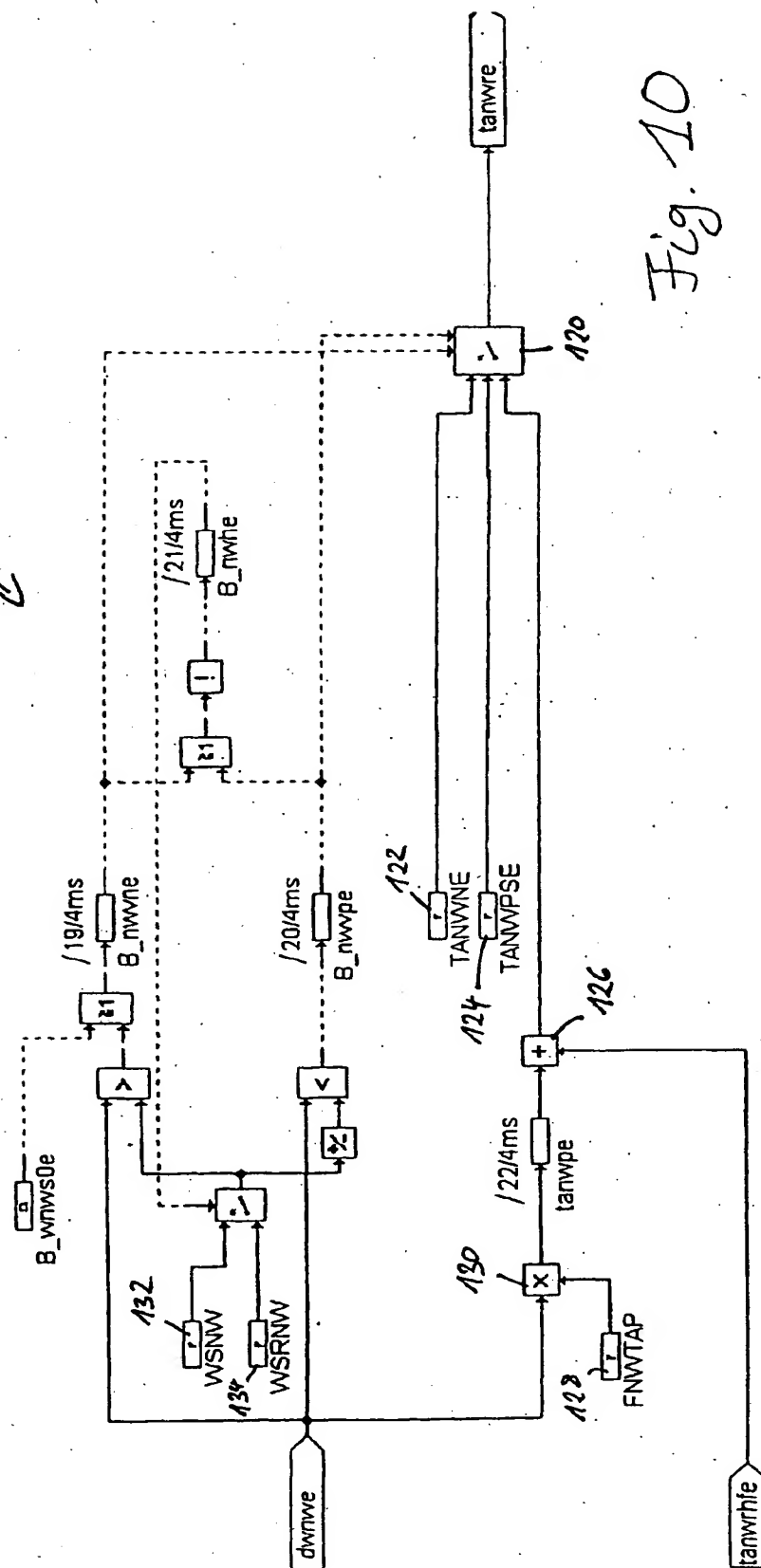


Fig. 10

64

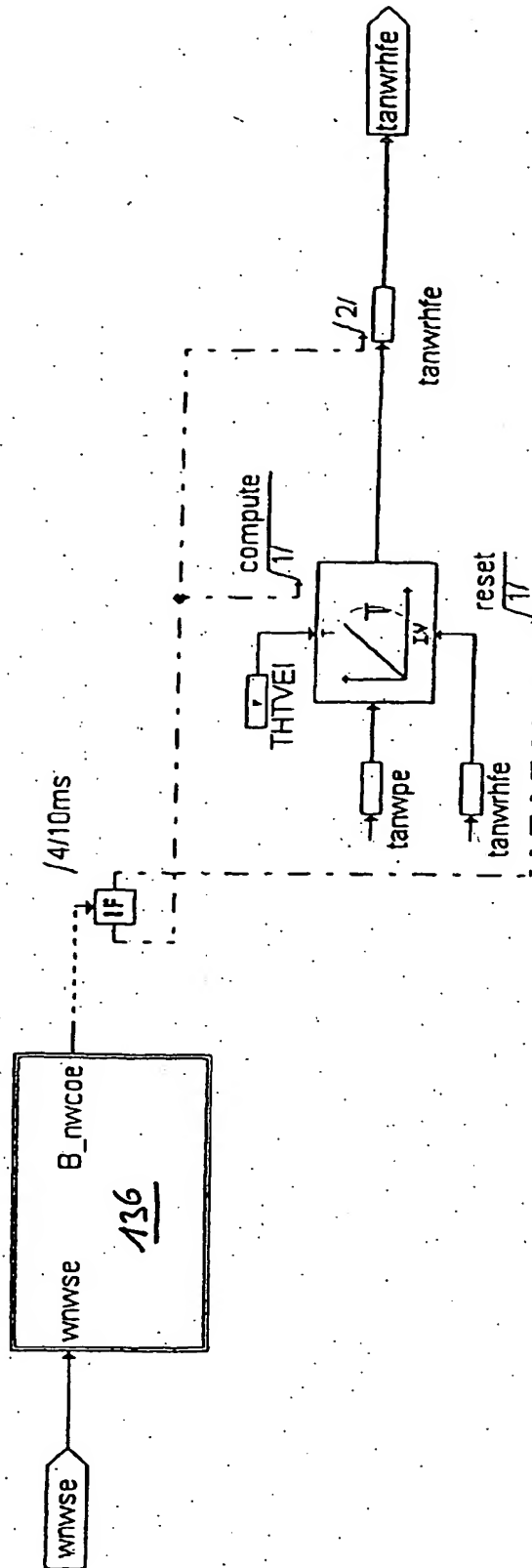
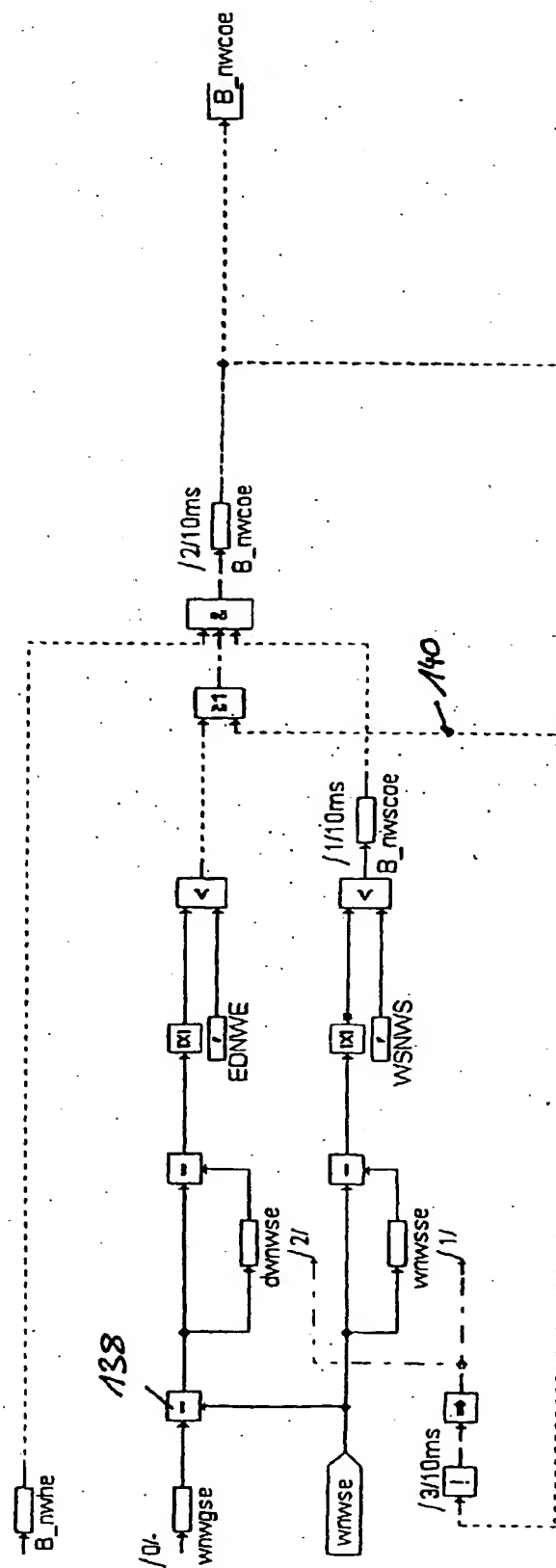


Fig. 11



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)